白酒糟对黔北麻羊羔羊饲粮养分消化率、血浆生化指标的影响

杨春红[1] 吴文旋[1,2*] 吴佳海[3*] 田兴舟[1] 袁 鑫[1] 朱伦琴[1] 赵文金[4]

（1.贵州大学动物科学学院，贵阳 550025；2.贵州大学新农村发展研究院·中国西部发展能力研究中心，贵阳 550025；3.贵州省草业研究所，贵阳 550006；4.习水富兴牧业有限公司，习水 556400）

摘 要：本试验旨在研究白酒糟对黔北麻羊羔羊饲粮养分消化率、血浆生化指标及抗氧化应激能力的影响。以 32 只体况相近的 4 月龄黔北麻羊羔羊为试验动物，按照随机区组试验设计分为 4 组：对照组和试验 1、2 和 3 组，每组 8 个重复，每个重复 1 只羊，各组饲粮白酒糟水平分别为 0、7%、14%、21%。试验期 40 d，其中预试期 10 d，正试期 30 d。检测指标包括饲粮常规养分表观消化率、血浆生化指标（葡萄糖、尿素氮、谷丙转氨酶、谷草转氨酶、尿酸、总胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇、甘油三酯、肌酐）和抗氧化应激能力指标（超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶、丙二醛）。结果显示：1）试验 1、2 组表现出较高的干物质、总能、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维的表观消化率，均显著高于对照组、试验 3 组（$P<0.05$）；粗脂肪表观消化率组间差异不显著（$P>0.05$）。2）白酒糟对羔羊血浆生化指标的影响没有明显规律；对羔羊血浆抗氧化应激能力指标全期平均值也未产生显著影响（$P>0.05$）。综上所述，饲粮白酒糟水平在 7%~14%内可提高羔羊养分消化率，对血浆生化指标及抗氧化应激能力指标没有负面影响。

关键词：白酒糟；饲粮养分消化率；血浆生化指标；抗氧化应激能力；黔北麻羊羔羊

中图分类号：S826

贵州省美酒河流域因得天独厚的地域环境（特殊的紫色沙页岩地理结构、冬暖夏热且雨水少、优质的酿酒水资源等），造就了当地独有的“红樱子”糯高粱具有直链淀粉含量较高（占总淀粉 88%以上），颗粒较小，皮厚，扁圆结实，干燥耐蒸煮、耐翻拌且不易糊化等优点，保证了酒中独特的口感和风味，同时副产物白酒糟具有独特的天然清香味，与其他类型

收稿日期：2015-06-15

基金项目：国家自然科学基金（31360563）；贵州山区牧草产业化生产技术研究集成与应用（黔科合重大专项字[2014]6017 号）

作者简介：杨春红（1991-），女，贵州铜仁人，硕士研究生，从事反刍动物营养研究。E-mail: 1184520995@qq.com

*通讯作者：吴文旋，教授，硕士生导师，E-mail: wwx3419@126.com；吴佳海，研究员，E-mail: wujiahai2003@aliyun.com

酒糟存在明显区别[1]。黔北麻羊主要分布在美酒河流域仁怀市、习水县等地，是贵州省独有的三大优良山羊品种之一，具有耐粗饲、肉质好、繁殖力高、生长速度快等优点，于 2009 年被农业部鉴定为新的山羊遗传资源品种，极具学术研究价值。

研究表明，在动物饲粮中补饲一定水平的酒糟有提高动物干物质采食量（dry matter intake, DMI）、平均日增重（average daily gain, ADG）、饲料转化率，降低料重比（feed/gain, F/G），改善血浆生化指标的作用，从而可达到降低饲养成本，提高经济效益的目的[2-3]。陈光吉等[4]试验表明，在舍饲牦牛饲粮中补饲9.25%的发酵酒糟，可显著提高动物的DMI、ADG、营养物质的表观消化率及血清总蛋白、高密度脂蛋白含量，显著降低料重比。田兴舟[5]研究发现，在山羊饲粮中补饲一定水平的白酒糟，有提高动物生长性能、氮平衡代谢的作用，且对血浆生化指标不会产生不利的影响。据此，本课题组在已完成的白酒糟对黔北麻羊生长性能、氮代谢及血浆免疫指标研究[6]的基础上，进一步探讨白酒糟对其在饲粮养分表观消化率、血浆生化指标和抗氧化应激能力上的影响，为白酒糟作为非常规饲料在黔北麻羊中的开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

选取 32 只体况良好，体重相近[（11.74±1.91） kg]，断奶时间为 90 日龄的 4 月龄黔北麻羊雌羔羊为试验动物。采用单因子随机区组试验设计，将其分为 4 组：对照、1、2 和 3 组，每组 8 个重复，每个重复 1 只羊，各组分别饲喂白酒糟水平为 0、7%、14%、21%的饲粮。白酒糟添加方式为：先与精料混匀，再与粗料均匀制成全混合日粮（TMR）进行饲喂。白酒糟营养水平（风干基础）：干物质（dry matter,DM）88.75%、粗蛋白质（crude protein,CP）20.01%、粗脂肪（ether extract,EE）6.36%、中性洗涤纤维（neutral detergent fiber,NDF）61.08%、酸性洗涤纤维（acid detergent fiber,ADF）49.21%、粗灰分（ash）8.98%。羔羊 TMR 参照文献[7]推荐的 12 kg 体重、ADG 为 100 g/d 的羔羊营养需要配制，其组成与营养水平见表 1。

表 1　羔羊 TMR 组成及营养水平(干物质基础)

Table 1　Composition and nutrient levels of TMRs for lambs （DM basis）　%

项目 Items	对照组 Control group	试验 1 组 Test group 1	试验 2 组 Test group 2	试验 3 组 Test group 2
原料 Ingredients				
全株玉米 Whole-plant corn	51	50	51	54

高粱壳 Sorghum shell	5	5	5	5
豆腐渣 Bean curd residue	3	3	3	2
大麦秸 Barley straw	2	3	3	2
精料 Concentrate	39	32	24	16
白酒糟 White distiller's grains		7	14	21
总计 Total	100	100	100	100
营养水平 Nutrients levels				
粗蛋白质 CP	13.87	13.86	13.85	13.86
粗脂肪 EE	6.21	6.25	6.31	6.40
中性洗涤纤维 NDF	75.38	74.08	73.14	72.53
酸性洗涤纤维 ADF	32.21	33.51	34.34	35.15
粗灰分 Ash	7.08	7.23	7.35	7.43

精料组成为 Composition of concentrate：玉米 corn 65%，豆粕 soybean meal 20%，麦麸 wheat bran 11%，尿素 urea 1%，预混料 premix 1%，磷酸氢钙 $CaHPO_4$ 1%，食盐 NaCl 1%。

整个试验为期 40 d，其中预试期 10 d，正试期 30 d。羔羊饲喂时间分别为每天 09:00、18:00，自由采食与饮水，留有足够的运动空间，并进行统一驱虫、消毒等管理。

1.2 检测指标

1.2.1 环境参数

将温湿度计悬挂于羊舍中部，正试期开始每天分别在 08:00、14:00、20:00 记录温度和相对湿度，温湿指数参照 Minka 等[8]提出的公式进行计算。

$$THI=0.8\times(AT)+[RH/100]\times(AT-14.4)+46.4。$$

式中：*THI* 为温湿指数，*AT* 为周围环境温度（℃），*RH* 为相对湿度（%）。

1.2.2 营养物质消化率

在试验的最后 7 d 全收粪进行消化试验。每天准确称量鲜粪并混匀，取 20%作为样品并按重量 10%加入浓度为 10%的盐酸后置于-20 ℃保存。参照《饲料分析及饲料质量检测技术》[9]测定饲粮营养成分含量。饲粮养分表观消化率计算如下：

饲粮某养分的表观消化率（%）=[（食入饲粮某养分含量－粪中某养分含量）/食入饲粮某养分含量]×100。

1.2.3 血浆生化指标

在正试期前 1 d（0 d），正试期 10、20、30 d 晨饲前用肝素钠抗凝管从颈静脉采血 10 mL，微摇混匀并常温静置 10 min 后于离心机中 3 000 r/min 离心 15 min，分离血浆，-20 ℃保存。试剂盒法测定血浆生化指标[葡萄糖（glucose,Glu）、尿素氮（urea nitrogen,UN）、谷丙转氨

酶（alanine aminotransferase,ALT）、谷草转氨酶（aspartate transaminase,AST）、尿酸（uric acid,UA）、总胆固醇（total cholesterol,TC）、低密度脂蛋白胆固醇（low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C）、甘油三酯（triglyceride,TG）、肌酐（crea, Cr）]以及血浆抗氧化应激能力指标[超氧化物歧化酶（superoxide dismutase,SOD）、谷胱甘肽过氧化物酶（glutathione peroxidase,GSH-Px）、丙二醛（malondialdehyde,MDA）]。检测试剂盒由南京建成生物工程研究所提供。

1.3 试验数据分析

试验数据利用 SAS 9.4 统计处理软件进行单因素方差分析，各组测定指标差异性多重比较用 Duncan 氏法进行，各组间差异性显著水平定为 P<0.05，试验数据以平均值±标准差（mean±SD）表示。

2 结 果

2.1 环境参数

试验期间，羊舍温度、相对湿度、温湿指数分别在 18.77~30.97 ℃、55.00%~89.00%、65.11~80.49 之间，平均值分别为 25.34 ℃、70.61%、74.08。可见，试羊处在高温高湿的饲养环境中。

2.2 饲粮养分消化率

由表 2 可以看出，白酒糟表现出了提高羔羊饲粮养分表观消化率的效应。对 DM 表观消化率，对照组与试验 3 组间差异较小（P>0.05），但均显著低于试验 1、2 组（P<0.05），同时试验 1 组显著高于试验 2 组（P<0.05）。GE、NDF、ADF 表观消化率具有同样的规律，均以试验 1、2 组最高，显著高于对照组、试验 3 组（P<0.05）。对 CP、EE 表观消化率，4 组羔羊间未表现出显著差异（P>0.05）。对粗灰分表观消化率，试验 1 组显著高于对照、3 组（P<0.05），试验 2 组显著高于对照组（P<0.05）。

表 2 白酒糟对羔羊饲粮养分表观消化率的影响

Table 2 Effects of white distiller's grains on dietary apparent digestibility of lambs

项目 Items	对照组 Control group	试验 1 组 Test group 1	试验 2 组 Test group 2	试验 3 组 Test group 3	SEM
干物质 DM/%	57.14±0.29^{c}	61.56±0.61^{a}	60.49±0.39^{b}	57.12±0.58^{c}	0.199
总能 GE/%	58.51±2.04^{b}	62.12±1.39^{a}	62.44±2.02^{a}	58.63±1.54^{b}	1.023
粗蛋白质 CP/%	50.52±4.04	50.45±2.99	53.46±2.65	50.29±1.15	1.183

粗脂肪 EE/%	67.61±6.52	69.17±9.32	69.68±9.23	70.88±6.50	3.271
中性洗涤纤维 NDF/%	45.32±1.25^{b}	52.37±0.75^{a}	50.83±0.45^{a}	44.75±1.04^{b}	0.675
酸性洗涤纤维 ADF/%	34.12±5.05^{b}	45.27±0.97^{a}	44.14±0.88^{a}	38.46±2.15^{b}	1.630
粗灰分 Ash/%	13.93±1.83^{c}	21.95±3.37^{a}	18.83±5.21^{ab}	14.37±3.97^{bc}	1.549

2.3 血浆生化指标

白酒糟对山羊血浆生化指标的影响列于表 3，总体来看规律性不明显。对 Glu 浓度，0 d 试验 1 组显著低于对照组（*P*<0.05）；至 10 d 试验 2、3 组显著高于试验 1 组（*P*<0.05），平均值各组间差异不显著（*P*>0.05）。对 UN 浓度，0 d 对照组显著高于试验 1、2 组（*P*<0.05），平均值以 3 个试验组较低（*P*>0.05）。对 ALT 活性，10 d 对照组显著高于试验 1 组（*P*<0.05），至 20 d 试验 1、2 组显著高于对照组和试验 3 组（*P*<0.05），平均值各组接近，差异不显著（*P*>0.05）。AST 活性在 0 d 时，试验 1 组显著高于试验 3 组（*P*<0.05）；至 20 d 对照组显著高于试验 2、3 组（*P*<0.05）；至 30 d，对照组和试验 3 组显著低于试验 1、2 组（*P*<0.05），平均值各组间差异不显著（*P*>0.05）。对 UA 含量，仅在 20 d 时试验 1 组显著高于对照组（*P*<0.05）。白酒糟对血浆脂质代谢指标影响主要表现在：试验 3 组 TC 含量在 10 d 及全期平均值显著低于试验 2 组（*P*<0.05）；试验 1 组 LDL-C 含量在 30 d 显著高于其余各组（*P*<0.05），平均值显著高于对照组、试验 3 组（*P*<0.05）；试验 1 组 TG 含量在 30 d 显著低于试验 3 组（*P*<0.05）；试验 3 组 Cr 浓度在 10 d 及全期平均值显著低于其余 3 组（*P*<0.05）。除此以外，其余时间点均未表现出显著差异（*P*>0.05）。

表 3 白酒糟对羔羊血浆生化指标的影响

Table 3 Effects of white distiller's grains on plasma biochemical parameters of lambs

项目 Items	时间 Time/d	对照组 Control group	试验 1 组 Test group 1	试验 2 组 Test group 2	试验 3 组 Test group 3	SEM
葡萄糖	0	3.86±0.34^{a}	3.29±0.38^{b}	3.65±0.44^{ab}	3.64±0.32^{ab}	0.138
Glu/(mm	10	3.64±0.30^{ab}	3.34±0.30^{b}	3.80±0.50^{a}	3.99±0.30^{a}	0.134
ol/L)	20	3.80±0.53	3.77±0.44	4.05±0.53	3.76±0.40	0.180
	30	3.83±0.38	4.06±0.82	3.63±0.55	3.76±0.26	0.201
	平均值 Mean	3.78±0.39	3.62±0.59	3.78±0.51	3.79±0.33	0.086
尿素氮	0	2.24±0.32^{a}	1.55±0.50^{b}	1.32±0.43^{b}	1.80±0.53^{ab}	0.166
UN/(mm	10	1.77±0.37	1.56±0.17	1.73±0.39	1.61±0.29	0.118
ol/L)	20	1.09±0.17	1.29±0.53	1.35±0.47	1.15±0.41	0.187
	30	0.91±0.34	0.99±0.29	1.15±0.24	0.99±0.30	0.110
	平均值 Mean	1.50±0.41	1.35±0.51	1.39±0.43	1.39±0.52	0.098
谷丙转	0	11.66±4.16	11.03±6.53	9.78±4.15	16.53±4.66	2.168
氨酶	10	13.66±2.76^{a}	8.70±5.47^{b}	9.71±1.90^{ab}	11.38±4.03^{ab}	1.547

ALT/(U/	20	8.52±4.22^{b}	16.66±8.01^{a}	15.76±4.37^{a}	6.47±2.14^{b}	2.098
L)	30	11.52±3.54	8.47±4.75	9.50±3.32	13.33±4.87	1.705
	平均值 Mean	11.34±3.94	11.22±6.78	11.19±4.29	11.93±5.32	1.409
谷草转	0	39.25±5.48^{ab}	49.38±5.99^{a}	43.82±4.41^{ab}	31.44±14.33^{b}	4.262
氨酶	10	38.87±10.40	27.97±9.96	38.87±13.16	42.22±13.69	5.959
AST/(U/	20	70.84±7.76^{a}	53.44±10.73^{ab}	35.49±14.43^{b}	39.10±18.04^{b}	6.657
L)	30	24.84±12.83^{b}	49.52±10.11^{a}	45.97±13.93^{a}	24.71±4.58^{b}	5.488
	平均值 Mean	43.45±19.37	45.08±13.32	41.04±11.70	34.37±14.05	3.723
尿酸	0	15.36±0.49	14.83±1.84	15.27±0.82	14.75±0.52	1.142
UA/(mg/	10	15.10±0.44	15.97±1.74	15.47±0.16	15.36±1.18	1.159
L)	20	13.79±0.20^{b}	17.19±3.81^{a}	15.10±0.66^{ab}	15.01±0.57^{ab}	3.822
	30	13.96±0.85	13.70±1.00	14.83±0.35	15.88±3.00	2.708
	平均值 Mean	14.55±0.86	15.42±2.49	15.17±0.56	15.25±1.54	0.388
总胆固	0	77.67±12.57	83.98±19.40	91.25±20.49	77.87±7.04	5.842
醇	10	78.97±19.12^{ab}	76.71±11.33^{ab}	87.94±14.58^{a}	62.92±17.92^{b}	6.006
TC/(mg/	20	74.28±18.99	75.47±17.16	74.48±7.24	66.89±6.76	5.191
dL)	30	72.90±19.57	67.46±9.94	71.68±5.15	66.47±9.82	4.708
	平均值 Mean	75.96±17.10^{ab}	75.91±15.33^{ab}	81.34±15.20^{a}	68.54±12.10^{b}	2.810
低密度	0	65.85±4.59	66.79±4.69	67.92±9.22	64.72±3.17	2.628
脂蛋白	10	68.49±3.63	68.30±3.75	70.38±6.52	64.72±4.55	2.127
胆固醇	20	61.89±5.40	65.85±7.53	66.23±3.91	64.15±3.34	2.370
LDL-C/(	30	63.02±3.09^{b}	73.58±7.92^{a}	65.85±4.64^{b}	64.34±3.86^{b}	2.331
mg/dL)	平均值 Mean	64.81±4.72^{b}	68.63±6.49^{a}	67.59±6.16^{ab}	64.48±3.47^{b}	1.196
甘油三	0	85.83±11.51	89.91±6.66	87.48±9.94	101.16±25.04	5.535
酯	10	89.41±14.93	85.18±11.54	80.70±12.61	80.96±13.42	4.927
TG/(mg/	20	84.38±15.00	81.08±11.30	84.79±11.78	86.84±22.95	5.915
dL)	30	88.97±15.45^{ab}	71.88±7.97^{b}	78.91±10.08^{ab}	92.59±27.65^{a}	6.327
	平均值 Mean	87.15±13.77	82.01±11.29	82.97±11.08	90.39±22.89	2.873
肌酐	0	101.34±13.50	103.93±17.15	99.23±6.95	91.72±11.98	4.812
Cr/(μmol	10	93.95±5.76^{a}	94.07±9.43^{a}	100.64±7.76^{a}	81.39±16.31^{b}	3.878
/L)	20	95.47±10.05	95.94±22.73	99.15±13.07	83.27±12.30	5.630
	30	100.52±10.05	89.84±17.90	94.54±9.83	82.33±38.65	8.200
	平均值 Mean	97.82±10.23^{a}	95.94±17.27^{a}	98.39±9.44^{a}	84.67±21.77^{b}	2.858

2.4 血浆抗氧化应激能力

从表 4 总体来看，羔羊血浆抗氧化应激能力受白酒糟水平的影响较小。差异显著的指标及时间点为：试验 1、3 组 GSH-Px 活性在 20 d 显著高于试验 2 组（P<0.05）；对照组 MDA 含量 10 d 显著低于试验 2 组（P<0.05）。其余时间点均未表现出显著差异（P>0.05）。

表 4　白酒糟对羔羊血浆抗氧化应激能力指标的影响

Table 4　Effects of white distiller's grains on plasma anti-oxidative stress capability of lambs

项目	时间	对照组	试验 1 组	试验 2 组	试验 3 组	SEM

Items	Time/d	Control group	Test group 1	Test group 2	Test group 3	
超氧化物歧	0	67.24±10.10	67.71±6.49	67.92±5.80	64.91±5.56	2.733
化 酶	10	71.18±6.30	73.00±4.74	73.72±2.01	72.11±7.00	2.009
SOD/(U/mL	20	76.03±9.50	73.36±6.37	72.94±1.79	68.59±6.02	2.478
)	30	74.17±7.54	77.35±3.33	73.93±1.97	72.27±4.93	1.872
	平均值 Mean	72.16±8.75	72.85±6.16	72.13±4.03	69.47±6.37	1.233
谷胱甘肽过	0	371.65±58.57	409.32±53.39	441.97±192.87	507.26±30.13	52.670
氧 化 物 酶	10	339.01±90.36	386.72±171.55	482.15±75.61	389.23±114.93	59.434
GSH-PX/(U	20	381.70±45.66^{ab}	464.57±82.17^{a}	328.96±54.01^{b}	449.50±36.10^{a}	28.567
/mL)	30	419.37±107.99	464.57±76.66	384.21±90.73	431.92±41.01	41.422
	平均值 Mean	377.93±77.10	431.29±101.15	409.32±120.01	444.48±73.03	23.687
丙 二 醛	0	2.94±0.74	2.98±0.35	2.82±0.53	3.10±0.50	0.207
MDA/(nmol	10	2.41±1.56^{b}	3.34±0.82^{ab}	3.70±0.68^{a}	3.14±0.55^{ab}	0.376
/mL)	20	3.98±2.05	3.10±0.80	3.42±0.96	2.58±0.55	0.474
	30	3.32±1.95	3.27±0.66	2.79±0.26	3.63±0.55	0.417
	平均值 Mean	3.16±1.68	3.17±0.66	3.18±0.74	3.11±0.63	0.196

3 讨 论

3.1 白酒糟对黔北麻羊羔羊饲粮养分表观消化率的影响

饲料中被动物消化吸收的营养物质称为可消化营养物质，其占食入营养物质的百分比称为消化率，它是衡量机体对饲料的消化吸收程度的指标，可反映其利用效率大小。因此，在生产实践中测定营养物质的消化率，可反映饲料的可消化性与动物的消化力。Felix 等[10]发现，育肥羔羊饲粮补饲 20%的酒糟可提高 DM、EE、NDF、ADF 的表观消化率。杨璐玲等[11]试验表明，在崂山奶山羊饲料中添加 15%的啤酒糟，可较其他组（0、10%、20%）显著提高 DM、OM、NDF、ADF、CP 的表观消化率。王丽等[12]指出，在 4 月龄保定羔羊饲粮中添加 0、10%、20%、30%水平的酒糟，各组间的 CP、EE、NDF、Ca 及 P 的表观消化率虽然未表现出差异显著水平；但 DM、ME 与 ADF 的表观消化率差异显著，总体以 10%添加组效果最优。上述研究结论与本试验研究类似：7%、14%水平的白酒糟可显著提高 DM、DE、ADF、NDF 的表观消化率；同时，随着白酒糟水平的提高，大多数营养物质表观消化率呈先上升后下降的趋势，与生长性能趋势类似。这提示美酒河流域源产白酒糟对黔北麻羊羔羊饲粮养分表观消化率的影响存在着剂量效应，其原因可能为：1）营养物质的浓度可影响动物机体对其的消化与代谢，动物采食的饲粮越多，其消化利用的营养物质亦可随着提高，本试验中，14%白酒糟组较高水平的 DMI 为羔羊对各养分的消化吸收提供了保障；2）白酒糟中残留有一定含量的乙醇及其酸败性物质，当添加水平达到 21%时，对羔羊的采食速度

及采食量造成负面的影响，进一步影响了机体对饲料中营养物质的消化与吸收，从而降低了营养物质的表观消化率，这也在喂料观察及试验数据中得以验证；3）白酒糟中含有部分余留的稻壳等粗纤维含量较高的物质，当添加水平过高时，加快了食糜在消化道中的流通速度，从而降低动物对营养物质的表观消化率；4）本试验羔羊处于高温环境中，而白酒糟属蛋白质饲料，高水平白酒糟的添加可加剧羔羊的热应激，从而降低营养物质的表观消化率。

3.2 白酒糟对黔北麻羊羔羊血浆生化指标的影响

血浆生化指标是判定机体组织正常生理功能敏感的参数，可反映机体局部或全身代谢变化。Glu 是衡量动物机体内能量水平的重要指标，同时也是机体临时能源贮藏库；UN 是机体蛋白质及氨基酸代谢终产物，可间接反映饲粮对蛋白质的利用效率；ALT、AST 及 UA 可分别用来评定肝功能与肾功能的状态。余群莲等[13]研究发现，精料与白酒糟的不同比例对肉牛血浆 Glu、UN、UA、ALT、AST 代谢产物的影响不显著。Radunz 等[14]试验表明，冬季妊娠山羊饲喂酒糟对血浆 Glu 含量影响较小。Archibeque 等[15]研究指出，在羔羊饲粮中添加一定水平的酒糟，不影响血浆 Glu 含量。上述报道与本试验结果类似，白酒糟对羔羊血浆代谢产物（Glu 和 UN 浓度、ALT 和 AST 活性、UA 含量全期平均值）影响不显著，均处于正常范围以内，说明在羔羊饲粮中 21%的白酒糟比例不会对血浆生化产物指标产生负面影响。因此，可以预见在羔羊饲粮中补饲 21%以内的白酒糟不会影响羔羊对碳水化合物、蛋白质的消化与代谢，亦不会加剧因羔羊食入大量白酒糟而对机体心脏、肝脏等主要组织的吸收负担，影响动物的健康。类似地，21%水平内的白酒糟对羔羊血浆脂质指标也未产生不利影响，但个别指标存在着显著性差异。其中，LDL-C 含量与 Cr 浓度以 7%、14%水平较高，说明14%内白酒糟添加水平对机体内源性胆固醇的转运及对肾脏代谢产生的一些有害毒素及废物的消除起着积极的作用。这也在前人的基础上得以验证。石风华[16]研究结果显示，酒糟作为一种非常规饲料，可部分或全部替代玉米而不影响肉牛血浆 TC、TG、HDL-C 及 LDL-C 的含量。颜志辉等[17]在荷斯坦奶牛上也发现，34.1%酒糟添加水平不会对奶牛血液 TG 含量产生显著影响。

3.3 白酒糟对黔北麻羊羔羊血浆抗氧化应激能力指标的影响

常用血浆 SOD、GSH-Px 活性和 MDA 含量的高低来判断抗氧化应激能力的强弱程度。酒糟中含有的多酚类物质是良好的抗氧化剂，具有一定的抗氧化活性。SOD 活性高低可反

映机体清除氧自由基的能力；GSH-Px 可保护细胞膜结构和功能完整；MDA 含量也能间接反映机体内脂质过氧化程度和细胞损伤程度。本试验结果显示，白酒糟对羔羊血浆 SOD、GSH-Px 活性和 MDA 含量影响较小，差异不显著，间接说明在羔羊饲粮中 21%以内的白酒糟对血浆抗氧化应激能力不会产生负面作用。就目前的文献而言，酒糟添加水平对反刍动物血浆抗氧化应激能力的影响鲜见报道，而在单胃动物中的研究颇多。李华磊等[18]研究发现，玉米干酒糟及其可溶物（DDGS）对 21 日龄肉鸡抗氧化应激能力的影响显示，饲粮中添加 15%玉米 DDGS 在一定程度上降低了机体血浆抗氧化能力。Li 等[19]研究玉米 DDGS 对育肥猪抗氧化活性的影响显示，饲粮中添加酒糟可降低血浆 SOD、GSH-Px 活性和总抗氧化能力 T-AOC，提高 MDA 含量，从而降低抗氧化应激能力。抗氧化应激能力是血浆代谢产物的一个重要指标，今后可加强这方面的研究。

需要指出的是，本试验中所用的动物（黔北麻羊）和研究对象（白酒糟）均来自贵州美酒河流域，白酒糟已经是黔北麻羊的惯用饲料原料。经历了若干世代的适应性，黔北麻羊势必对该白酒糟具有天然的协调性。这也可能是羔羊血浆指标未产生显著差异的原因。从动物营养学的角度，今后可深入探讨白酒糟对瘤胃发育、瘤胃微生物区系、瘤胃发酵代谢等方面的影响，为科学开发利用白酒糟作为黔北麻羊非常规饲料提供基础理论。这些工作，有待于课题组下一步完成。

4 结 论

贵州美酒河流域源产白酒糟水平在 7%~14%的饲粮添加水平，具有提高黔北麻羊羔羊饲粮营养物质消化率的效应，而在 21%水平范围内对黔北麻羊羔羊血浆生化指标不会产生不利影响，对抗氧化应激能力指标影响较小。

参考文献：

[1] 李青.贵州省白酒酒糟综合利用的探讨[J].酿酒科技,2014(10):92–93.

[2] HAM G A,STOCK R A,KLOPFENSTEIN T J,et al.Wet corn distillers byproducts compared with dried corn distillers grains with solubles as a source of protein and energy for ruminants[J].Journal of Animal Science,1994,72(12):3246–3257.

[3] COZZI G,POLAN C E.Corn gluten meal or dried brewers grains as partial replacement for soybean meal in the diet of Holstein cows[J].Journal of Dairy Science,1994,77(3):825–834.

[4] 陈光吉,彭忠利,宋善丹,等.发酵酒糟对舍饲牦牛生产性能、养分表观消化率、瘤胃发酵和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(9):2920–2927.

[5] 田兴舟.贵州省肉羊健康养殖营养调控技术研究[D].硕士学位论文.贵阳:贵州大学,2015.

[6]袁鑫,田兴舟,朱伦琴,等.贵州美酒河流域白酒糟对黔北麻羊羔羊生长性能、氮代谢及血浆免疫指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(9):2940–2946.

[7] 兰云贤.动物饲养标准[M].重庆:西南师范大学出版社,2008.

[8] MINKA N S,AYO J O.Assessment of thermal load on transported goats administered with ascorbic acid during the hot-dry conditions[J].International Journal of Biometeorology,2012,56(2):333–341.

[9] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3 版.北京:中国农业大学出版社,2007.

[10] FELIX T L,ZERBY H N,MOELLER S J,et al.Effects of increasing dried distillers grains with solubles on performance,carcass characteristics,and digestibility of feedlot lambs[J].Journal of Animal Science,2012,90(4):1356–1363.

[11] 杨璐玲,吕永艳,宋希海,等.啤酒糟对饲粮养分瘤胃降解特性及表观消化率的影响[J].动物营养学报,2014,26(3):792–802.

[12] 王丽,张英杰,刘月琴,等.饲粮白酒糟添加水平对山羊生产性能、营养物质表观消化率及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2014,26(2):519–525.

[13] 余群莲,王之盛,邹华围,等.精料与白酒糟的不同比例对夏季肉牛生产性能及血液生化指标的影响[J].中国畜牧兽医,2011,38(4):16–19.

[14] RADUNZ A E,FLUHARTY F L,SUSIN I,et al.Winter-feeding systems for gestating sheep II.Effects on feedlot performance,glucose tolerance,and carcass composition of lamb progeny[J].Journal of Animal Science,2011,89(2):478–488.

[15] ARCHIBEQUE S L,FREETLY H C,FERRELL C L.Feeding distillers grains supplements to improve amino acid nutriture of lambs consuming moderate-quality forages[J].Journal of Animal Science,2008,86(3):691–701.

[16] 石风华.非常规饲料替代玉米饲喂肉牛对瘤胃发酵、养分消化率、生产性能和胴体品质的影响[D].博士学位论文.北京:中国农业大学,2014.

[17] 颜志辉,王加启,王萌,等.日粮添加 DDGS 对奶牛血液生化指标的影响[J].华北农学报,2010,25(增刊):179–183.

[18] 李华磊,王娟娟,刘少凯,等.玉米干酒糟及其可溶物对 21 日龄肉鸡生长性能、抗氧化能力和免疫性能的影响[J].动物营养学报,2013,25(11):2713–2719.

[19] LI G L,WANG X,LIN M X,et al.Effects of corn DDGS in combination with compound enzymes on growth performance,carcass fat quality,and plasma and tissue redox homeostasis of growing-finishing pigs[J].Livestock Science,2012,149(1/2):46–52.

Effects of White Distiller’s Grains on Dietary Nutrient Digestibility, Plasma Biochemical Parameters and Anti-Oxidative Stress Capacity of *Qianbei Ma* Lambs[*2]

YANG Chunhong[1] WU Wenxuan[1,2*] WU Jiahai[3*] TIAN Xingzhou[1] YUAN Xin[1] ZHU

*Corresponding authors: professor, WU Wenxuan, professor, E-mail: wwx3419@126.com; WU Jiahai, professor, E-mail: wujiahai2003@aliyun.com （责任编辑 王智航）

Lunqin[1] ZHAO Wenjin[4]

(1. *College of Animal Science, Guizhou university, Guiyang* 550025, *China*; 2. *Institute of New Rural Development·China Center for Western Development Capacity Research, Guizhou University, Guiyang* 550025, *China*; 3. *Guizhou Institute of Prataculture, Guiyang* 550006, *China*; 4. *Xishui Fuxing Husbandry Co., Ltd.*, *Xishui* 564600, *China*)

Abstract: This study was conducted to evaluate the effects of varying level of white distiller's grains on dietary nutrient digestibility, plasma biochemical parameters and anti-oxidative stress capacity of *Qianbei Ma* lambs. Thirty-two healthy lambs with similar body condition were randomly allocated to 4 groups with 8 replicates per group and 1 lamb per replicate. Lambs were fed 1 of 4 diets differing in white distiller's grains level at 0, 7%, 14%, and 21% for control group and test groups 1, 2 and 3, respectively. The test lasted for 40 days with a 10-day pretest periof and a 30-day test period. The results showed as follows: 1) Test groups 1 and 2 resulted in significantly higher apparent digestibility of dry matter, gross energy, acid detergent fiber and neutral detergent fiber than control group and test group 3 (P<0.05), but not for that of ether extract (P>0.05). 2) Feeding of white distiller's grains showed no regular impacts on plasma biochemical parameters; feeding of white distiller's grains had no significant impacts on the means of plasma anti-oxidative stress capacity indices of lambs (P>0.05). These results indicate that dietary inclusion of 7% to 14% white distiller's grains can increase dietary digestibility, and have no side effects on plasma biochemical parameters and anti-oxidative stress capacity for *Qianbei Ma* lambs.

Key words: white distiller's grains; dietary nutrient digestibility; plasma biochemical parameters; plasma anti-oxidative stress capacity; *Qianbei Ma* lambs